

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-327638

(43)Date of publication of application : 15.11.2002

(51)Int.Cl.

F02D 41/04
F02B 37/00
F02D 21/08
F02D 23/00
F02D 41/14
F02D 43/00
F02D 45/00
F02M 25/07

(21)Application number : 2001-131640

(71)Applicant : NISSAN MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 27.04.2001

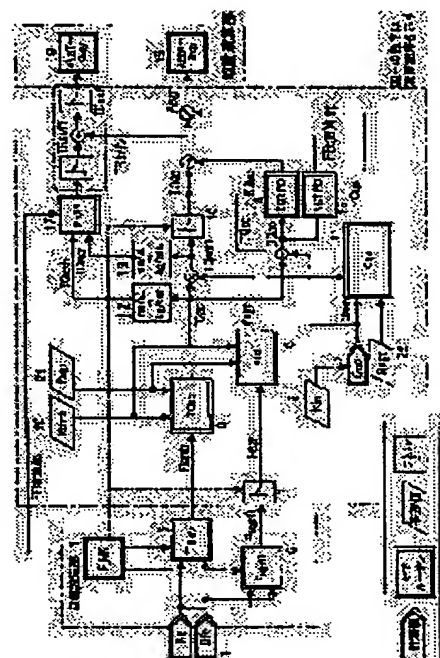
(72)Inventor : SHIRAKAWA AKIRA

(54) CONTROL DEVICE OF DIESEL ENGINE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To optimize both of a premix combustion zone and a diffusion combustion zone.

SOLUTION: This diesel engine in which switching between the premix combustion and the diffusion combustion is performed depending on a driving zone, comprises an oxygen concentration/oxygen amount regulating means capable of regulating the oxygen concentration and the oxygen amount in a gas sucked in a cylinder; a target value setting means (blocks 5, 6) for setting optimal oxygen amount target value and oxygen concentration target value for each of the premix combustion and diffusion combustion, depending on a driving condition; and a combustion state determining means (block 5) for determining whether the premix combustion or diffusion combustion is carried out under a current driving condition; and a means (blocks 7, 8, 9 and 10) for controlling the oxygen concentration/oxygen amount regulating means so that the optimal oxygen target value and oxygen concentration target value are obtained for the current driving condition set by the target value setting means in the combustion state determined by the combustion state determining means.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

24.04.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(51) Int. Cl. 7	識別記号	F I	テーマコード	(参考)
F02D 41/04	355	F02D 41/04	355	3G005
F02B 37/00	302	F02B 37/00	302	F 3G062
F02D 21/08	301	F02D 21/08	301	B 3G084
			301	E 3G092
23/00		23/00		E 3G301

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全14頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-131640 (P 2001-131640)

(22) 出願日 平成13年4月27日 (2001. 4. 27)

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 白河 暁

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産

自動車株式会社内

(74) 代理人 100075513

弁理士 後藤 政喜 (外1名)

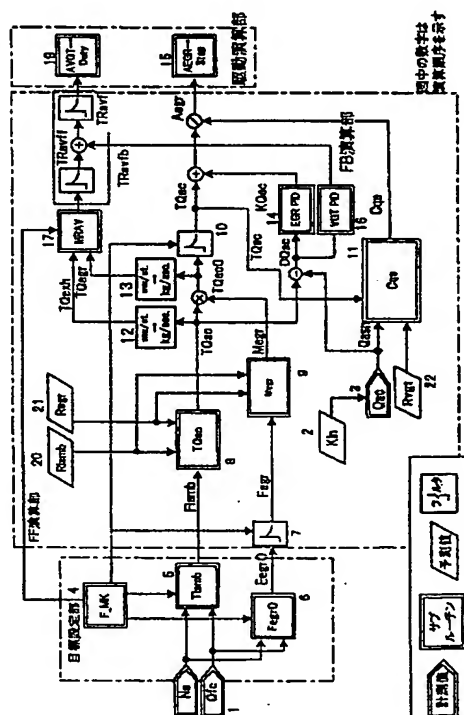
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ディーゼルエンジンの制御装置

(57) 【要約】

【課題】 予混合燃焼領域、拡散燃焼領域ともに最適化する。

【解決手段】 予混合燃焼と拡散燃焼とを運転領域により切り換えるようにしたディーゼルエンジンにおいて、シリンダに吸入されるガスの酸素濃度と酸素量を調整可能な酸素濃度・酸素量調整手段と、予混合燃焼、拡散燃焼のそれぞれに最適な酸素量目標値と酸素濃度目標値を運転条件に応じて別々に設定する目標値設定手段（ブロック5、6）と、現在の運転条件のとき予混合燃焼であるのか拡散燃焼であるのかを判定する燃焼状態判定手段（ブロック5）と、この燃焼状態判定手段の判定した燃焼状態において前記目標値設定手段の設定した現在の運転条件に最適な酸素量目標値と酸素濃度目標値が得られるように前記酸素濃度・酸素量調整手段を制御する手段（ブロック7、8、9、10）とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】予混合燃焼と拡散燃焼とを運転領域により切換えるようにしたディーゼルエンジンにおいて、シリンダに吸入されるガスの酸素濃度と酸素量とを調整可能な酸素濃度・酸素量調整手段と、

予混合燃焼、拡散燃焼のそれぞれに最適な酸素量目標値と酸素濃度目標値を運転条件に応じて別々に設定する目標値設定手段と、

現在の運転条件のとき予混合燃焼であるのか拡散燃焼であるのかを判定する燃焼状態判定手段と、

この燃焼状態判定手段の判定した燃焼状態において前記目標値設定手段の設定した現在の運転条件に最適な酸素量目標値と酸素濃度目標値が得られるように前記酸素濃度・酸素量調整手段を制御する手段とを備えることを特徴とするディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項2】同じ燃焼状態で酸素量目標値と酸素濃度目標値が過渡的に変化する場合に、予混合燃焼のとき酸素量目標値よりも酸素濃度目標値を優先して、また拡散燃焼のとき酸素濃度目標値よりも酸素量目標値を優先して制御することを特徴とする請求項1に記載のディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項3】制御変数としての酸素量目標値に代えて目標空気過剰率または目標EGR量を、制御変数としての酸素濃度目標値に代えて目標EGR率を用いることを特徴とする請求項1または2に記載のディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項4】酸素濃度・酸素量調整手段はEGR装置と過給機であることを特徴とする請求項3に記載のディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項5】予混合燃焼のとき目標EGR率に対して遅れ補償を施し、拡散燃焼のとき目標空気過剰率または目標EGR量に対して遅れ補償を施すことを特徴とする請求項3または4に記載のディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項6】予混合燃焼のときと拡散燃焼のときとでそれぞれの燃焼状態に応じた目標過給圧を設定することを特徴とする請求項5に記載のディーゼルエンジンの制御装置。

【請求項7】目標EGR率を排気中の残留酸素濃度を考慮した実効EGR率で設定し、また目標空気過剰率をシリンダに流入するEGRガス中の残留酸素量を考慮した実効空気過剰率で設定することを特徴とする請求項3から6までのいずれか一つに記載のディーゼルエンジンの制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明はディーゼルエンジンの制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】ディーゼルエンジンから排出されるNO

xとスモーク(PM)を同時に低減する技術として、例えば特開平7-4287号公報に開示される技術が知られている。この従来技術では、EGRを行うことなどにより吸気の酸素濃度が低くなって燃焼温度が低下するときに、熱発生パターンが単段燃焼の形態となるよう着火遅れ期間を大幅に長くすることにより、燃焼温度の低下によるNOxの低減と燃焼の予混合化によるPMの低減とを同時に実現している。

【0003】

10 【発明が解決しようとする課題】ところで、熱発生パターンが単段燃焼の形態となる燃焼(予混合燃焼主体の燃焼のことで、以下単に「予混合燃焼」という。)を実現するには燃焼温度および着火遅れ期間をとともに一定の範囲に収める必要がある。

【0004】このため、EGRガス温度が高くなる高負荷域や燃焼期間が短くなる高回転速度域では予混合燃焼が成立しなくなるので、予混合燃焼が不可能な領域になると燃料を空気と混合させながら燃焼させる、いわゆる拡散燃焼(以下単に「拡散燃焼」という。)の状態で制御する必要がある(図2参照)。

【0005】この場合に、予混合燃焼領域と拡散燃焼領域の境界における燃焼形態がどうなっているかは今まで十分に解明されておらず、予混合燃焼領域から拡散燃焼領域へと移行するときには燃焼形態が予混合燃焼から拡散燃焼へと徐々に変化するものと推定し、したがって制御目標値である空気過剰率とEGR率とを予混合燃焼に最適な値から拡散燃焼に最適な値へと滑らかにつないでいた。

【0006】しかしながら、本発明の発明者による最近の実験結果によれば、運転条件により予混合燃焼か拡散燃焼かのいずれかにはっきりと分かれ、両者が混合しているような燃焼状態は存在しないことが解明されてきている。したがって、予混合燃焼領域から拡散燃焼領域へと移行するときには、制御目標値である空気過剰率とEGR率とを予混合燃焼に最適な値から拡散燃焼に最適な値へと一気に切り換えることが好ましい。

【0007】そのため本発明は、予混合燃焼、拡散燃焼のそれぞれに最適な目標空気過剰率(シリンダに吸入されるガスの酸素量目標値)と目標EGR率(シリンダに吸入されるガスの酸素濃度目標値)を運転条件に応じて予め設定しておき、運転中に予混合燃焼、拡散燃焼のいずれの燃焼であるのかを判定し、その判定結果に応じた目標値となるように空気過剰率とEGR率を制御することにより、予混合燃焼領域、拡散燃焼領域ともに最適化することを目的とする。

【0008】一方、本発明の発明者による最近の実験結果によれば、図29に示したように同じ空気過剰率とEGR率の条件でも燃焼状態が予混合燃焼か拡散燃焼かによってPMの排出特性が大きく異なることをがわかってい

左側に示す予混合燃焼のときには空気過剰率の変化にあまり依存せず、EGR率の変化に依存している。これに対して右側に示す拡散燃焼のときにはEGR率の変化にあまり依存せず、空気過剰率の変化に依存している。

【0009】こうした事象を考慮し本発明は、燃焼状態を予混合燃焼と拡散燃焼とに切換可能で、かつEGR率（シリンダに吸入されるガスの酸素濃度）と空気過剰率（シリンダに吸入されるガスの酸素量）の両方を制御できるエンジンの制御範囲にあっては、制御目標値が過渡的に変化する場合に予混合燃焼のときは空気過剰率よりEGR率を優先させて制御し、拡散燃焼のときはEGR率より空気過剰率を優先させて制御することにより、制御目標値が変化する過渡時のPM排出量の増加を抑制することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】第1の発明は、予混合燃焼と拡散燃焼とを運転領域により切換えるようにしたディーゼルエンジンにおいて、シリンダに吸入されるガスの酸素濃度と酸素量とを調整可能な酸素濃度・酸素量調整手段と、予混合燃焼、拡散燃焼のそれぞれに最適な酸素量目標値と酸素濃度目標値を運転条件に応じて別々に設定する目標値設定手段と、現在の運転条件のとき予混合燃焼であるのか拡散燃焼であるのかを判定する燃焼状態判定手段と、この燃焼状態判定手段の判定した燃焼状態において前記目標値設定手段の設定した現在の運転条件に最適な酸素量目標値と酸素濃度目標値が得られるように前記酸素濃度・酸素量調整手段を制御する手段とを備える。

【0011】第2の発明では、第1の発明において同じ燃焼状態で酸素量目標値と酸素濃度目標値が過渡的に変化する場合に、予混合燃焼のとき酸素量目標値よりも酸素濃度目標値を優先して、また拡散燃焼のとき酸素濃度目標値よりも酸素量目標値を優先して制御する。

【0012】第3の発明では、第1または第2の発明において制御変数としての酸素量目標値に代えて目標空気過剰率または目標EGR量を、制御変数としての酸素濃度目標値に代えて目標EGR率を用いる。

【0013】第4の発明では、第3の発明において酸素濃度・酸素量調整手段がEGR装置と過給機である。

【0014】第5の発明では、第3または第4の発明において予混合燃焼のとき目標EGR率に対して遅れ補償を施し、拡散燃焼のとき目標空気過剰率または目標EGR量に対して遅れ補償を施す。

【0015】第6の発明では、第5の発明において予混合燃焼のときと拡散燃焼のときとでそれぞれの燃焼状態に応じた目標過給圧を設定する。

【0016】第7の発明では、第3から第6までのいずれか一つの発明において目標EGR率を排気中の残留酸素濃度を考慮した実効EGR率で設定し、また目標空気過剰率をシリンダに流入するEGRガス中の残留酸素量

を考慮した実効空気過剰率で設定する。

【0017】

【発明の効果】第1の発明によれば、予混合燃焼領域から拡散燃焼領域への移行時に予混合燃焼に最適な酸素量目標値と酸素濃度目標値から拡散燃焼に最適な酸素量目標値と酸素濃度目標値へと一気に切り換えられることから、予混合燃焼領域、拡散燃焼領域共に最適化され、これにより拡散燃焼での最適な目標値へと徐々に切換える場合に比べて排気性能が改善される。

【0018】第2の発明によれば、PM排出量が酸素濃度よりも酸素量に大きく依存する拡散燃焼のとき酸素濃度目標値よりも酸素量目標値となるように優先的に制御するので、拡散燃焼領域での過渡時にPMが増加することを防止できる。

【0019】制御変数が酸素量目標値と酸素濃度目標値であるときにはこれら目標値へと制御するため高価な酸素濃度センサを使うことが必要となってくるが、酸素濃度目標値と等価な目標EGR率と、酸素量目標値と等価な目標空気過剰率や目標EGR量とを制御変数として用いる第3、第4の発明によれば、高価な酸素濃度センサを使うことなく、吸入空気量の計測のみで第1、第2の発明の効果を得ることができる。

【0020】第5、第6の発明によれば、過渡運転時において予混合燃焼領域では目標EGR率が達成されるように、拡散燃焼領域では目標空気過剰率や目標EGR量が達成されるように、EGRや吸入新気量の応答遅れを補償するので、予混合燃焼領域を拡大できると共に拡散燃焼領域での燃焼も最適化されるため排気を大幅に低減することができる。

【0021】第7の発明によれば、台上試験で検討した目標EGR率、目標空気過剰率に対して、経験的・実験的に実車にて補正、適合していたのが、排気中の残留酸素濃度やシリンダに流入するEGRガス中の残留酸素量を考慮した制御目標値とすることにより、この補正量が少なくなり制御精度が向上する。

【0022】

【発明の実施の形態】図1に、燃焼状態を予混合燃焼と拡散燃焼とに切換可能で、かつEGR率と空気過剰率の両方を制御できるエンジンの構成を示す。

【0023】予混合燃焼では、EGRによる酸素濃度の低減で低温燃焼を実現するため、排気通路2と吸気通路3のコレクタ部3aとを結ぶEGR通路4に、圧力制御弁5からの制御圧力に応動するダイヤフラム式のEGR弁6を備えている。

【0024】圧力制御弁5は、コントロールユニット41からのデューティ制御信号により駆動されるもので、これによって運転条件に応じた所定のEGR率を得るようにしている。

【0025】エンジンにはコモンレール式の燃料噴射装置10を備える。この燃料噴射装置10は、主に燃料タ

ンク（図示しない）、サブライポンプ14、コモンレール（蓄圧室）16、気筒毎に設けられるノズル17からなり、サブライポンプ14により加圧された燃料は蓄圧室16にいったん蓄えられたあと、蓄圧室16の高圧燃料が気筒数分のノズル17に分配される。

【0026】ノズル17は、針弁、ノズル室、ノズル室への燃料供給通路、リテーナ、油圧ピストン、リターンスプリングなどからなり、油圧ピストンへの燃料供給通路に介装される三方弁（電磁弁）25が介装されている。三方弁25のOFF時には、針弁が着座状態にあるが、三方弁25がON状態になると、針弁が上昇してノズル先端の噴孔より燃料が噴射される。つまり、三方弁25のOFFからONへの切換時期により燃料の噴射開始時期が、またON時間により燃料噴射量が調整され、蓄圧室16の圧力が同じであれば、ON時間が長くなるほど燃料噴射量が多くなる。

【0027】アクセル開度センサ33、エンジン回転速度とクランク角度を検出するセンサ34、水温センサ

（図示しない）からの信号が入力されるコントロールユニット41では、エンジン回転速度とアクセル開度に応じて目標燃料噴射量を演算し、演算した目標燃料噴射量に対応して三方弁25のON時間を制御するほか、三方弁25のONへの切換時期を制御することで、運転条件に応じた所定の噴射開始時期を得るようにしている。

【0028】EGR通路4の開口部下流の排気通路2に変容量ターボ過給機を備える。これは、排気タービン52のスクロール入口に、アクチュエータ54により駆動される可変ノズル53を設けたもので、コントロールユニット41により、可変ノズル53は低回転速度域から所定の過給圧が得られるように、低回転速度側では排気タービン52に導入される排気の流速を高めるノズル開度（傾動状態）に、高回転速度側では排気を抵抗なく排気タービン52に導入させノズル開度（全開状態）に制御する。

【0029】上記のアクチュエータ54は、制御圧力に応動して可変ノズル53を駆動するダイヤフラムアクチュエータ55と、このダイヤフラムアクチュエータ55への制御圧力を調整する圧力制御弁56とからなり、可変ノズル53の実開度が目標ノズル開度となるように、デューティ制御信号が作られ、このデューティ制御信号が圧力制御弁56に出力される。

【0030】コントロールユニット41では、図2に示したように予混合燃焼が可能な運転領域では予混合燃焼を行わせ、予混合燃焼が不可能な運転領域では拡散燃焼に切り替えるのであるが、この場合に予混合燃焼、拡散燃焼のそれぞれに最適な目標空気過剰率（シリンダに吸入されるガスの酸素量目標値）と目標EGR率（シリンダに吸入されるガスの酸素濃度目標値）を運転条件に応じて別々に設定しており、現在の運転条件のとき予混合燃焼であるのか拡散燃焼であるのかを判定し、この判定し

た燃焼状態において現在の運転条件に最適な目標空気過剰率と目標EGR率が得られるように空気過剰率とEGR率を制御する。

【0031】また、制御目標値（目標空気過剰率と目標EGR率）が過渡的に変化する場合に、予混合燃焼状態であれば目標空気過剰率よりも目標EGR率を優先して、また拡散燃焼のときには目標EGR率よりも目標空気過剰率優先して制御する。

【0032】さらに、図3に示したように制御目標値が変化する過渡時にはEGR、新気量とも応答遅れがあるので、予混合燃焼状態であれば目標EGR率に対して遅れ補償を施し、拡散燃焼のときには目標空気過剰率または目標EGR量に対して遅れ補償を施す。

【0033】図4はコントロールユニット41で実行されるこの制御の流れをブロックで示したものの、図5、図7、図10、図13等は図4中の主要なブロックの働きをフローチャートで示したものである。以下では個々のフローチャートを中心に説明する。なお、図4中のブロックに振った数字は演算順序を示すものであるが、便宜的にブロックの番号としても使用する。

【0034】図5は予混合燃焼フラグF_{MK}を設定するためのものである（ブロック4）。本願では簡易的に予混合燃焼領域を判定する方法を示すが、例えば特願2000-364642号等で開示している技術を用いて精密に判断してもよい。

【0035】S1でエンジン回転速度Ne、目標燃料噴射量Q_{fc}を読み込む。ここで、目標燃料噴射量Q_{fc}はアクセル開度と回転速度Neをパラメータとするマップ値により与えられるものである。

【0036】S2ではエンジン回転速度Neから図6を内容とするマップを検索することにより現在のエンジン回転速度Neに対する予混合燃焼領域の上限、下限を示す燃料噴射量Q_{fcMKH}、Q_{fcMKL}を演算し、これらQ_{fcMKH}、Q_{fcMKL}と現在の目標燃料噴射量Q_{fc}とをS3で比較する。

【0037】現在の目標燃料噴射量が予混合燃焼領域の上限燃料噴射量Q_{fcMKH}と下限燃料噴射量Q_{fcMKL}の間にあれば予混合燃焼領域にあると判断してS4に進み予混合燃焼フラグF_{MK}=1とする。そうでない場合はS5に進みF_{MK}=0として処理を終了する。

【0038】図7は目標空気過剰率T_{lamb}を演算するためのものである（ブロック5）。S1では予混合燃焼フラグF_{MK}を読み込みS2でフラグF_{MK}の値をみる。F_{MK}=1であるときS3に進み、エンジン回転速度Ne、目標燃料噴射量Q_{fc}から図8を内容とするマップを検索することにより予混合燃焼時の目標空気過剰率T_{lambMKB}を演算し、これをS4で目標空気過剰率T_{lamb}に入れる。F_{MK}=0であるときにはS5に進み、Ne、Q_{fc}から図9を内容とする

マップを検索することにより拡散燃焼時の目標空気過剰率 $T_{\lambda} DFB$ を演算し、これを $S6$ で目標空気過剰率 T_{λ} に入れる。

【0039】図8、図9のように予混合燃焼時のほうが目標空気過剰率は低めに設定される傾向にある。なお、図8、図9の目標空気過剰率（マップ値）は排気中の残留酸素量を考慮した、シリンダに吸入される空気過剰率（EGRガス中の酸素も含んだシリンダに吸入される酸素量と燃料噴射量（質量）の比）で設定している。

【0040】図10は目標実効EGR率基本値 E_{gr0} を演算するためのものである（ブロック6）。 $S1$ で予混合燃焼フラグ F_MK を読み込み $S2$ でフラグ F_MK の値をみる。 $F_MK=1$ であるときには $S3$ に進み、エンジン回転速度 N_e 、目標燃料噴射量 Q_{fc} から図11を内容とするマップを検索することにより予混合燃焼時の目標実効EGR率 $E_{gr} MKB$ を演算し、これを $S4$ で目標実効EGR率基本値 E_{gr0} に入れる。 $F_MK=0$ であるときには $S5$ に進み、 N_e 、 Q_{fc} から図12を内容とするマップを検索することにより拡散燃焼時の目標実効EGR率 $E_{gr} DFB$ を演算し、これを $S6$ で目標実効EGR率基本値 E_{gr0} に入れる。

【0041】図11、図12のように予混合燃焼時のほうが目標実効EGR率は高めに設定される傾向にある。なお、図11、図12の目標実効EGR率（マップ値）は排気中の残留酸素濃度を考慮した、シリンダに吸入される実効EGR率（酸素を除く排気ガス質量とシリンダに吸入するガスの質量の比）で設定している。

【0042】図13は目標実効EGR率 E_{gr} を演算するためのものである（ブロック7）。 $S1$ で予混合燃焼フラグ F_MK を読み込み $S2$ でフラグ F_MK の値をみる。 $F_MK=1$ であるときには $S3$ に進み、目標実効EGR率基本値 E_{gr0} に対して、 $K_{in} \times K_{vol}$ を加重平均係数とする

【0043】

【数1】 $E_{grd} = E_{gr0} \times K_{in} \times K_{vol} + E_{grd, \dots} \times (1 - K_{in} \times K_{vol})$ 、

ただし、 K_{in} ：体積効率相当値、

K_{vol} ： $VE/NC/VM$ 、

VE ：排気量、

NC ：気筒数、

VM ：吸気系容積、

$E_{grd, \dots}$ ：前回の中間処理値、

の式により、中間処理値（加重平均値） E_{grd} を演算し、この E_{grd} と E_{gr0} を用いて $S4$ で

【0044】

【数2】 $E_{gr} = E_{gr0} \times G_{keegr} + E_{grd} \times (1 - G_{keegr})$ 、

ただし、 G_{keegr} ：進み補正ゲイン、

の式により進み補正を行って目標実効EGR率 E_{gr}

を演算する。

【0045】 $F_MK=0$ であるときには $S5$ に進み、進み補正（遅れ補償）をせずに演算を終了する。

【0046】図14は目標新気量 TQ_{ac} を演算するためのものである（ブロック8）。 $S1$ で目標空気過剰率 T_{λ} 、シリンダ内空気過剰率 R_{λ} 、目標燃料噴射量 Q_{fc} 、目標実効EGR率 E_{gr} を読み込み、 $S2$ で

【0047】

【数3】 $TQ_{ac} = T_{\lambda} \times R_{\lambda} \times Q_{fc} \times B_{\lambda} / \{R_{\lambda} + E_{gr} \times (R_{\lambda} - 1)\}$ 、

ただし、 B_{λ} ：理論空燃比、

の式により目標新気量 TQ_{ac} を演算する。これはシリンダに吸入されるガスの実効空気過剰率が、シリンダ内空気過剰率を R_{λ} 、吸入新気量を Q_{ac} 、EGRガス量を Q_{ec} 、目標燃料噴射量を Q_{fc} としたとき、

【0048】

【数4】 実効空気過剰率 = $\{Q_{ac} + Q_{ec} \times (R_{\lambda} - 1) / R_{\lambda}\} / Q_{fc} \times B_{\lambda}$

の式で表されるため、この式において実効空気過剰率に代えて T_{λ} をおき、 $Q_{ec} = Q_{ac} \times E_{gr}$ を代入した後で、 Q_{ac} について解いたものである。ここで、数4式の右辺の分子の $(R_{\lambda} - 1) / R_{\lambda}$ はEGRガス中の新気量割合である。したがってこれに Q_{ec} をかけた値がEGRガス中の新気量となる。

【0049】図15は目標質量EGR率 Me_{gr} を演算するためのものである（ブロック9）。 $S1$ でシリンダ内空気過剰率 R_{λ} 、目標実効EGR率 E_{gr} を読み込み、 $S2$ で

【0050】

【数5】 $Me_{gr} = E_{gr} / \{1 - (R_{\lambda} - 1) / R_{\lambda}\}$

の式により目標質量EGR率 Me_{gr} を演算する。これは、シリンダに吸入されるガスの実効EGR率が、

【0051】

【数6】 実効EGR率 = $Q_{ec} \times \{1 - (R_{\lambda} - 1) / R_{\lambda}\} / Q_{ac}$

の式で表されるため、この式において実効EGR率を E_{gr} とし、 $Me_{gr} = Q_{ec} / Q_{ac}$ を代入した後で、 Me_{gr} について解いたものである。ここで、数6式の右辺の分子の $1 - (R_{\lambda} - 1) / R_{\lambda}$ はEGRガス中の不活性ガス割合である。したがってこれに Q_{ec} をかけた値がEGRガス中の不活性ガス量となる。

【0052】図16は目標EGR量 TQ_{ec} を演算するためのものである（ブロック10）。 $S1$ では目標新気量 TQ_{ac} と目標質量EGR率 Me_{gr} とから

【0053】

【数7】 $TQ_{ec0} = TQ_{ac} \times Me_{gr}$

9
の式で目標EGR量基本値 $TQec0$ を演算する。

【0054】S2で予混合燃焼フラグ F_MK を読み込みS3でフラグ F_MK の値をみる。 $F_MK=0$ （拡散燃焼）であるときにはS4に進み、目標EGR量基本値 $TQec0$ に対して、 $Kin \times Kvol$ を加重平均係数とする

【0055】

【数8】 $TQecd = TQec0 \times Kin \times Kvol + TQecd_{-1} \times (1 - Kin \times Kvol)$ 、

ただし、 Kin ：体積効率相当値、

$Kvol$ ： $VE/NC/VM$ 、

VE ：排気量、

NC ：気筒数、

VM ：吸気系容積、

$TQecd_{-1}$ ：前回の中間処理値、

の式により中間処理値（加重平均値） $TQecd$ を演算し、この $TQecd$ と $TQec0$ を用いてS5で

【0056】

【数9】 $TQec = TQec0 \times Gkqec + TQecd \times (1 - Gkqec)$ 、

ただし、 $Gkqec$ ：進み補正ゲイン、

の式により進み補正を行って目標EGR量 $TQec$ を演算する。

【0057】 $F_MK=1$ （予混合燃焼）であるときにはS6に進み補正（遅れ補償）をせずに演算を終了する。

【0058】図17はEGRガスの流速相当値 Cqe を演算するためのものである（ブロック11）。EGRガス流速は、吸気圧 Pm 、排気圧 $Pexh$ 、排気の比重 ρ 、EGR弁の開口面積 Ave から

【0059】

【数10】

$Cqe = Ave \times \{2 \times \rho \times (Pexh - Pm)\}^{1/2}$

の式で求められるのであるが、吸気圧、排気圧を計測することが難しいので、図17に示す方法で近似的にEGRガス流速を推測している。

【0060】S1では目標EGR量 $TQec$ 、コレクタ入口の新気量 $Qasn$ 、実ノズル開度 $Rvgt$ を読み込む。S2では目標EGR量 $TQec$ から図18を内容とするテーブルを検索することによりEGRガス流速基本値 $Cqe0$ を、またS3ではコレクタ入口の新気量 $Qasn$ と実ノズル開度 $Rvgt$ から図19を内容とするマップを検索することによりEGRガス流速補正係数 $Kcqe$ を演算し、S4でこれらを乗算した値をEGRガス流速相当値 Cqe として算出する。EGRガス流速補正係数 $Kcqe$ は排気量（＝コレクタ入口の新気量 $Qasn$ ）と実ノズル開度 $Rvgt$ がEGRガス流速に与える影響を考慮したものである。

【0061】図20はEGR弁開口面積 $Aegr$ を演算するためのものである（ブロック15）。S1で目標E

GR量 $TQec$ とフィードバック補正量 $KQec$ を足した値を最終目標EGR量（質量流量） $TQecf$ として求め、これをS2においてEGRガス流速相当値 Cqe で除して目標EGR弁開口面積基本値 $Aegr0$ を求める。S3では

【0062】

【数11】 $Aegr = Aegr0 / \{1 - (Aegr0 / AGRB\#)^2\}^{1/2}$ 、

ただし、 $AGR\#$ ：EGR通路代表面積、

10 の式により目標EGR弁開口面積 $Aegr$ を算出する。

数11式はベンチュリモデルに基づくものである。

【0063】このようにして求められた目標EGR弁開口面積 $Aegr$ は図4のブロック15においてEGR弁開度に変換され、このEGR弁開度となるように制御指令値がEGR弁アクチュエータに与えられる。

【0064】図21は過給機の目標ノズル開度 $Mrav$ を演算するためのものである（ブロック17）。S1で目標排気流量 $TQexh$ と目標EGR流量 $TQegr$ を読み込む。ここで、目標排気流量 $TQexh$ は目標新気量 $TQac$ を、また目標EGR流量 $TQegr$ は目標EGR量基本値 $TQec0$ をそれぞれ単位換算したものである（図4のブロック12、13参照）。

【0065】図21のS2で予混合燃焼フラグ F_MK を読み込みS3でフラグ F_MK の値をみる。 $F_MK=1$ （予混合燃焼）であるときにはS4に進み、目標排気流量 $TQexh$ と目標EGR流量 $TQegr$ から図22を内容とするマップを検索することにより予混合燃焼時の目標ノズル開度 $MravMK$ を演算し、S5でこれを目標準ノズル開度 $Mrav$ に入れる。 $F_MK=0$ （拡散燃焼）であるときにはS6に進み、目標排気流量 $TQexh$ と目標EGR流量 $TQegr$ から図23を内容とするマップを検索することにより拡散燃焼時の目標ノズル開度 $MravDF$ を演算し、S7でこれを目標準ノズル開度 $Mrav$ に入れる。

【0066】ここで、図22、図23の $MravMK$ 、 $MravDF$ （マップ値）は、それぞれ予混合燃焼、拡散燃焼に最適化された空気過剰率とEGR率を達成するためのノズル開度である。

【0067】過給圧制御系では、ガス流れの応答遅れ（タービン・コンプレッサの回転遅れを含む：この応答遅れは排気流量に応じて変わる）と可変ノズル駆動用アクチュエータの応答遅れ（この遅れは運転条件によらず一定）があるため、図4のブロック18では前者の遅れと後者の遅れをそれぞれ補償するため、目標ノズル開度 $Mrav$ に対して2段階の進み補正を行っている。ブロック18に示す $TRavff$ は目標ノズル開度のフィードフォワード値（目標ノズル開度 $Mrav$ に対して1段目の進み補正を行った値）、ブロック18に示す $TRavf$ は目標ノズル開度のフィードフォワード値 $TRavff$ にノズル開度のフィードバック補正量 $TRavfb$

を加算した値に対して2段目の進み補正を行った値である。

【0068】このようにして2段の進み補正後の値が図4のブロック19でデューティ比に変換され、可変ノズル駆動用アクチュエータに与えられる。なお、通常は可変ノズル駆動用アクチュエータのヒステリシス補償や非線系補償等を施して用いるが、本発明とは直接関係ないのでこれらの詳細は割愛する。

【0069】ついでながら図4のブロック14、16では目標新気量 TQ_{ac} とコレクタ入口の新気量 Q_{asn} とが一致するようにPID制御によりEGR量のフィードバック補正量 KQ_{ec} 、ノズル開度のフィードバック補正量 TR_{avfb} をそれぞれ演算している。

【0070】図24はシリンダ内空気過剰率 $R_{\lambda mb}$ を演算するためのものである(ブロック20)。S1では吸入新気量 Q_{ac} 、目標EGR流量基本値の加重平均値 TQ_{ecd} の前回値である $TQ_{ecd, -1}$ 、目標燃料噴射量 Q_{fc} を読み込み、S2で

【0071】

【数12】 $K_{\lambda mb} = Q_{ac} / (Q_{fc} \times BL_{\lambda mb})$ (20)

ただし、 $BL_{\lambda mb}$ ：理論空燃比、

の式により空気過剰率 $K_{\lambda mb}$ を算出し、この空気過剰率 $K_{\lambda mb}$ を用いてS3で

【0072】

【数13】 $R_{\lambda mb} = \{Q_{ac} + TQ_{ecd, -1} \times (K_{\lambda mb} - 1) / K_{\lambda mb}\} / (Q_{fc} \times BL_{\lambda mb})$ (21)

の式によりシリンダ内空気過剰率 $R_{\lambda mb}$ を算出する。

【0073】図25は実EGR率 R_{egr} を演算するためのものである(ブロック21)。S1では吸入新気量 Q_{ac} 、目標EGR流量基本値の加重平均値 TQ_{ecd} の前回値である $TQ_{ecd, -1}$ を読み込み、

【0074】

【数14】 $R_{egr} = TQ_{ecd, -1} / Q_{ac}$ (22)

の式により実EGR率 R_{egr} を演算する。

【0075】図26は実ノズル開度 R_{vgt} を演算するためのものである(ブロック22)。S1では目標ノズル開度のフィードフォワード値の前回値である $TR_{avff, -1}$ を読み込み、S2で

【0076】

【数15】 $R_{vgt} = TR_{avff, -1} \times TCVGT\# + R_{vgt, -1} \times (1 - TCVGT\#)$ (23)

ただし、 $TCVGT\#$ ：時定数相当値、

$R_{vgt, -1}$ ：前回の R_{vgt} 、

の式により実ノズル開度 R_{vgt} を演算する。これは目標ノズル開度が一次遅れで変化する値が実際のノズル開度とほぼ等しいと仮定するものである。

【0077】ここで本実施形態の作用を説明する。

【0078】本実施形態では、予混合燃焼と拡散燃焼とを運転領域により切換えるようにしたエンジンにおいて、シリンダに吸入されるガスのEGR率と空気過剰率とを調整可能なEGR装置および過給機と、予混合燃焼、拡散燃焼のそれぞれに最適な目標空気過剰率と目標EGR率を運転条件に応じて別々に設定する目標値設定手段(図4のブロック5、6)と、現在の運転条件のとき予混合燃焼であるのか拡散燃焼であるのかを判定する燃焼状態判定手段(図4のブロック4)と、この燃焼状態判定手段の判定した燃焼状態において前記目標値設定手段の設定した現在の運転条件に最適な目標空気過剰率と目標EGR率が得られるようにEGR装置および過給機を制御する手段(図4のブロック7、8、9、10、11、17等)とを備えるので、予混合燃焼領域から拡散燃焼領域への移行時に予混合燃焼に最適な目標空気過剰率と目標EGR率から拡散燃焼に最適な目標空気過剰率と目標EGR率へと一気に切り換えられることから予混合燃焼領域、拡散燃焼領域ともに最適化され、これにより拡散燃焼での最適な目標値へと徐々に切換える場合に比べて排気性能が改善される。

【0079】また、制御目標値(目標空気過剰率と目標EGR率)が変化する過渡時の作用を図27を参照しながら説明すると、同図はEGR弁と過給機のノズル開度を変化させた場合にEGR率と空気過剰率がどうなるかを示している。図中黒丸でプロットした特性は過給機のノズル開度を全開とした状態(過給なし)でEGR弁を開閉したときに辿る定常時の特性である。これに対して四角でプロットした特性は過給機のノズル開度を一定開度まで閉じた状態(過給あり)でEGR弁を開閉したときに辿る定常時の特性である。

【0080】いま、制御目標値が変化する過渡時を考えると、例えば図示のAからBへとEGR率および空気過剰率を過渡的に制御しなければならない。

【0081】この場合に、本実施形態では予混合燃焼のときと拡散燃焼のときとで制御方法が異なる。すなわち、予混合燃焼のときにはEGR率を優先させて制御するためまずEGR率が目標まで変化する(図27でAからB2へと辿る)。これでEGR率は目標へ到達したので、次にはEGR率一定で空気過剰率が目標へと変化する(図27でB2からBへと辿る)。

【0082】一方、拡散燃焼のときには空気過剰率を優先させて制御するためまず空気過剰率が目標まで変化する(図27でAからB1へと辿る)。これで空気過剰率は目標へ到達したので、次には空気過剰率一定でEGR率が目標へと変化する(図27でB1からBへと辿る)。

【0083】このように本実施形態によれば、制御目標値が変化する過渡時においてPM排出量がEGR率よりも空気過剰率に大きく依存する拡散燃焼のとき目標EGR率よりも目標空気過剰率となるように優先的に制御す

るので、拡散燃焼領域での過渡時にPMが増加することを防止できる。

【0084】次に、同じく制御目標値が変化する過渡時の遅れ補償の作用を図28を参照しながら説明する。過渡時に予混合燃焼であれば目標EGR率に対して遅れ補償が働く。遅れ補償が働くということは、エンジン負荷や回転速度を一定量だけステップ的に大きくした場合に（図28最上段参照）EGR率の応答もステップ的になるということである（図28第2段目参照）。これに対して第3段目に示す空気過剰率のほうにはアンダーシュートが生じている。

【0085】一方、過渡時でも拡散燃焼であれば目標EGR量に対して遅れ補償が働くため、負荷や回転速度を一定量だけステップ的に大きくした場合に（図28第4段目参照）空気過剰率の応答がステップ的になり（図28最下段参照）、これに対して図28下から2段目に示すEGR率のほうにはアンダーシュートが生じている。

【0086】なお、図27において制御目標値をAからBへと過渡的に移すことは、負荷や回転速度を一定量だけステップ的に大きくした場合に相当する。そこで、図27に示す運転点A、B、B1、B2を図28に移すと図示の位置になる。

【0087】このように、制御目標値が変化する過渡時において予混合燃焼状態では目標EGR率が達成されるように、拡散燃焼状態では目標EGR量（目標空気過剰率）が達成されるようにEGRや吸入新気量の応答遅れを補償するので、予混合燃焼領域を拡大できるとともに拡散燃焼領域での燃焼も最適化されるため排気を大幅に低減することができる。

【0088】実施形態では、可変ノズルの開口割合に応じて過給圧が変化するターボ過給機で説明したが、これに限られるものでなく、以下のものにも適用がある。すなわち、排気タービンではガスが通過する面積を変えてやれば過給圧が変化するので、ノズルのほかスクロールやディフューザの開口割合を変えても過給圧が変化する。これらは結局、排気タービンの幾何学形状（ジオメトリ）を変え得るものであるので、可変ジオメトリックターボ過給機（Variable Geometric Turbocharger）で総称される。本発明はこうした可変ジオメトリックターボ過給機に適用がある。また、ウェストゲートバルブを備える一定容量のターボ過給機にも適用がある。可変ジオメトリックターボ過給機ではたとえば過給機の開口面積または開口面積相当値の目標値が、またウェストゲートバルブを備える一定容量のターボ過給機たとえばそのバルブ開度の目標値が過給機の作動目標値となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】一実施形態の制御システム図。

【図2】運転領域図。

【図3】過渡時の応答波形図。

【図4】制御の流れを表したブロック図。

【図5】予混合燃焼フラグの設定を説明するためのフローチャート。

【図6】予混合燃焼領域を示す領域図。

【図7】目標空気過剰率の演算を説明するためのフローチャート。

【図8】予混合燃焼時の目標空気過剰率のマップ特性図。

【図9】拡散燃焼時の目標空気過剰率のマップ特性図。

【図10】目標実効EGR率基本値の演算を説明するためのフローチャート。

【図11】予混合燃焼時の目標実効EGR率基本値のマップ特性図。

【図12】拡散燃焼時の目標実効EGR率基本値のマップ特性図。

【図13】目標実効EGR率の演算を説明するためのフローチャート。

【図14】目標新気量の演算を説明するためのフローチャート。

【図15】目標質量EGR率の演算を説明するためのフローチャート。

【図16】目標EGR量の演算を説明するためのフローチャート。

【図17】EGRガス流速相当値の演算を説明するためのフローチャート。

【図18】EGRガス流速基本値のテーブル特性図。

【図19】流速補正值のマップ特性図。

【図20】EGR弁開口面積の演算を説明するためのフローチャート。

【図21】目標ノズル開度の演算を説明するためのフローチャート。

【図22】予混合燃焼時の目標ノズル開度のマップ特性図。

【図23】拡散燃焼時の目標ノズル開度のマップ特性図。

【図24】シリンダ内空気過剰率の演算を説明するためのフローチャート。

【図25】実EGR率の演算を説明するためのフローチャート。

【図26】実ノズル開度の演算を説明するためのフローチャート。

【図27】EGR弁の開閉、可変ノズルの開閉が空気過剰率とEGR率に与える影響を説明するための特性図。

【図28】過渡時の波形図。

【図29】予混合燃焼時と拡散燃焼時の排気特性図。

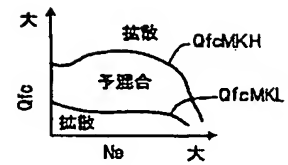
【符号の説明】

6 EGR弁

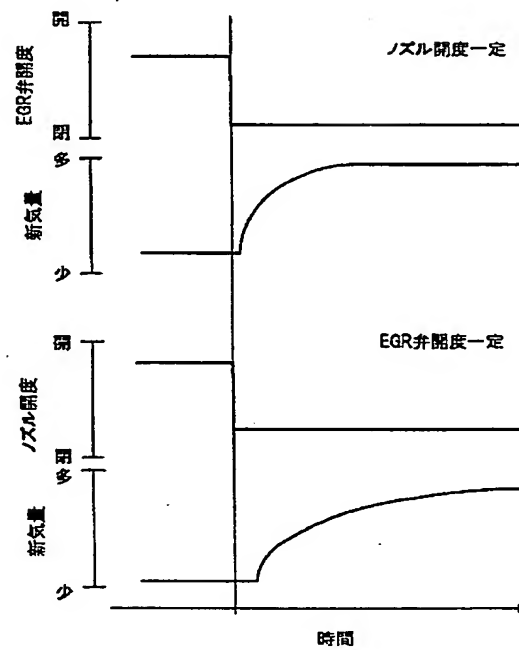
41 コントロールユニット

53 可変ノズル

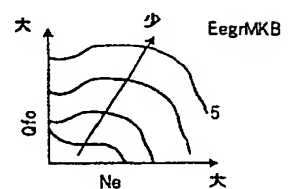
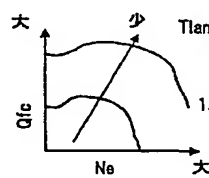
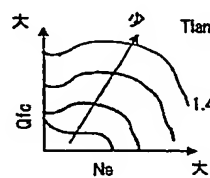
【图 6】



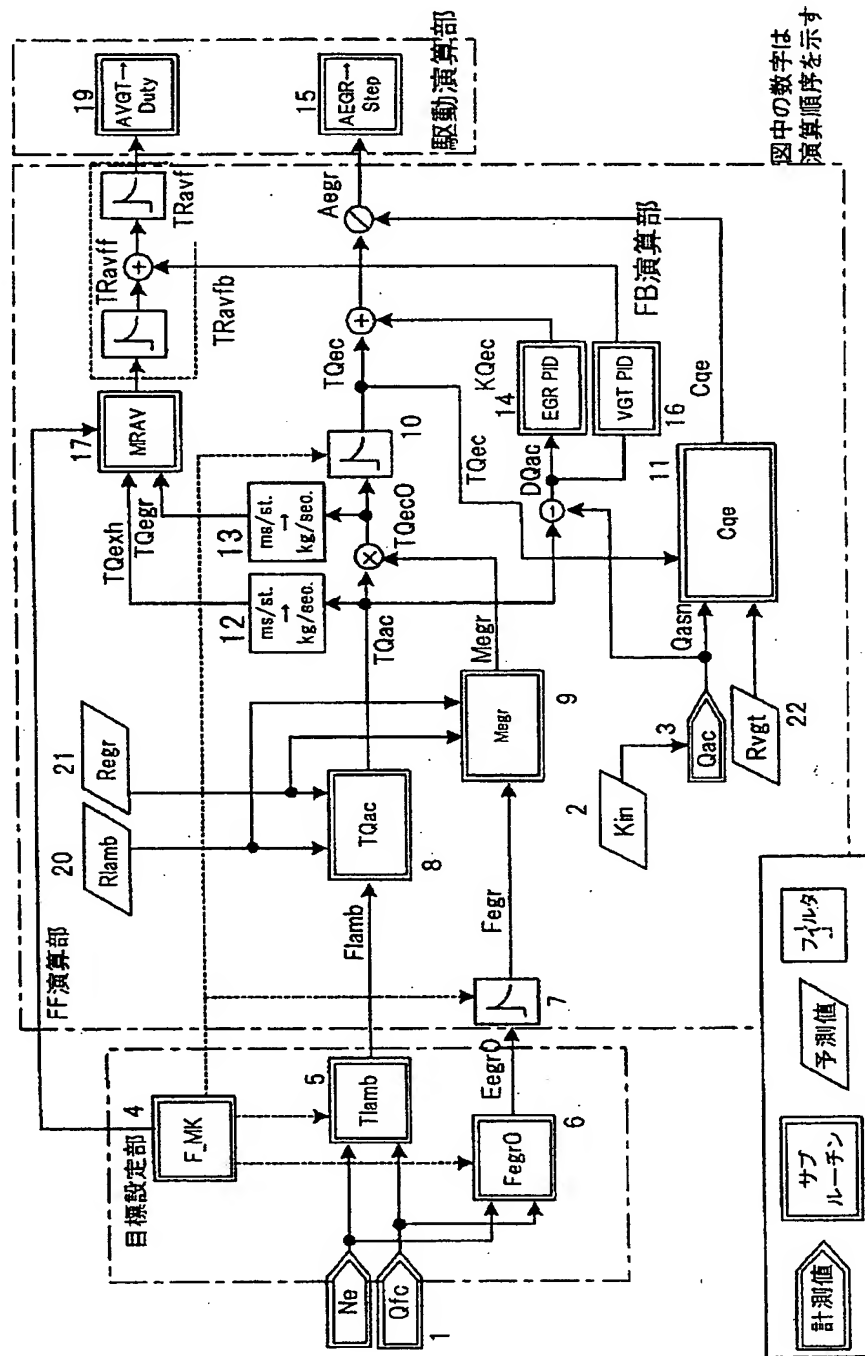
【图 3】



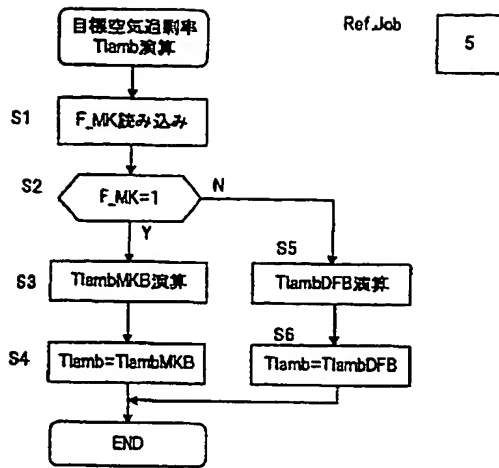
【图 1 1】



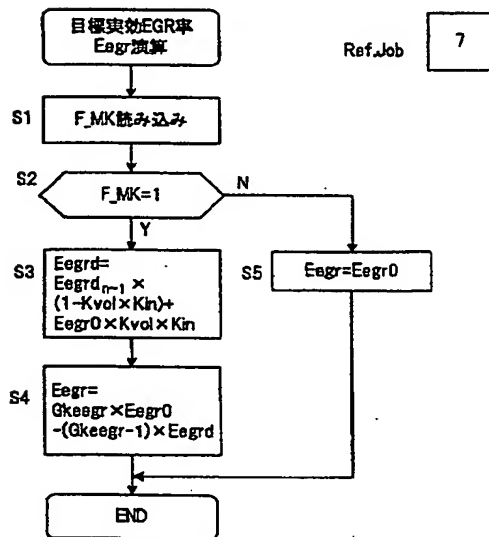
【図 4】



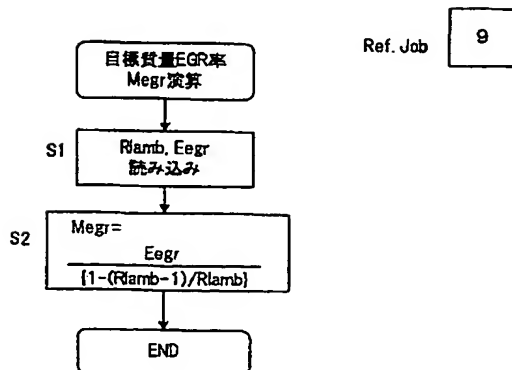
【図 7】



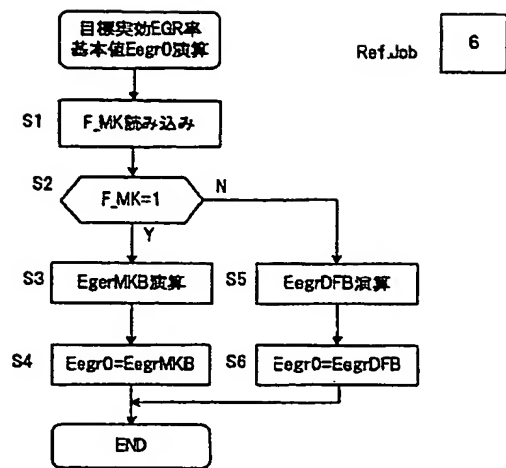
【図 13】



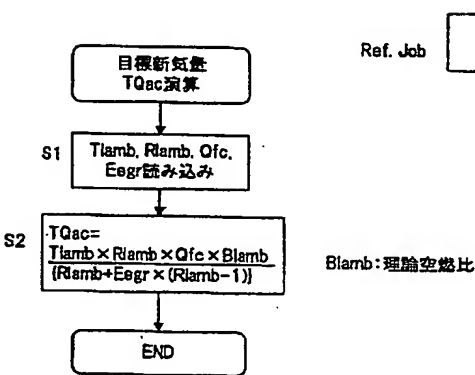
【図 15】



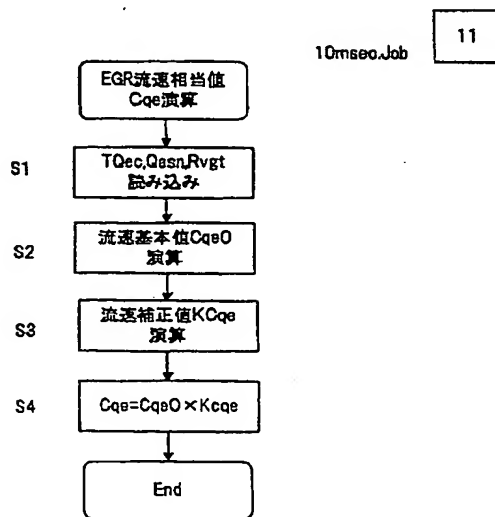
【図 10】



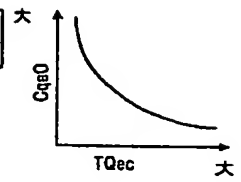
【図 14】



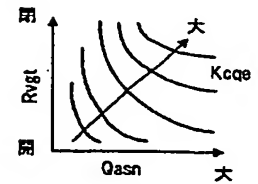
【図 17】



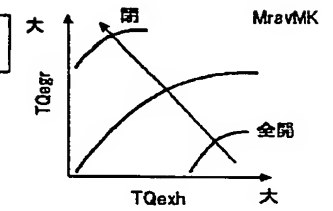
【図 18】



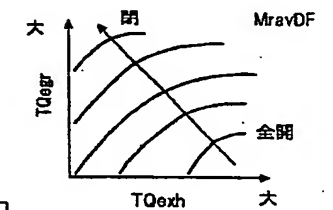
【図 19】



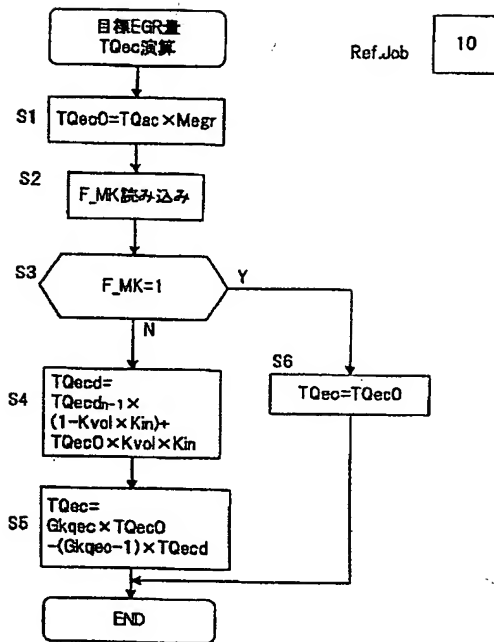
【図 22】



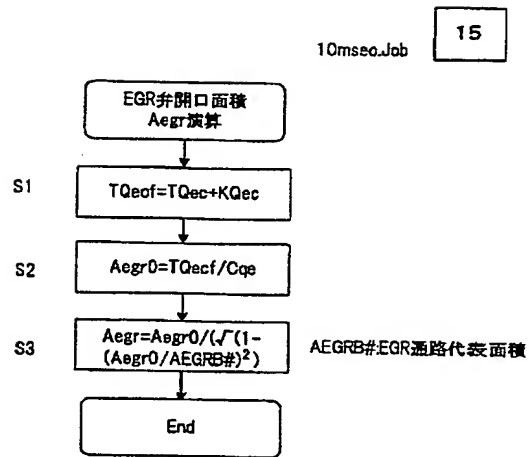
【図 23】



【図 16】

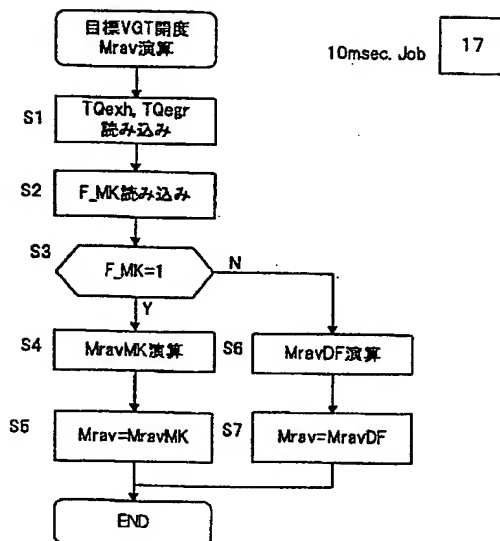


【図 20】



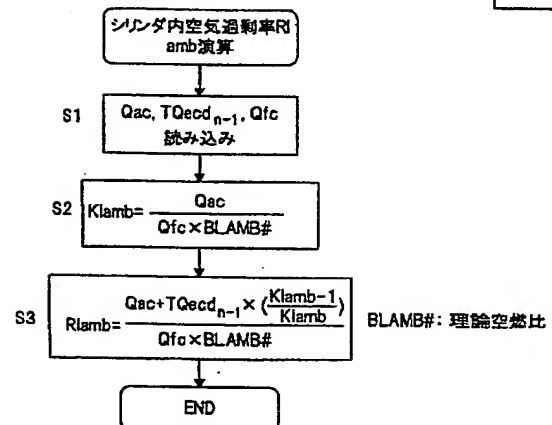
【図 24】

【図 21】

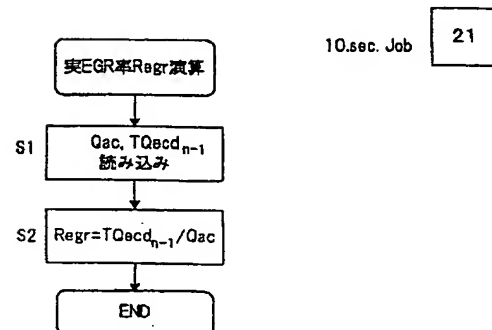


Ref. Job

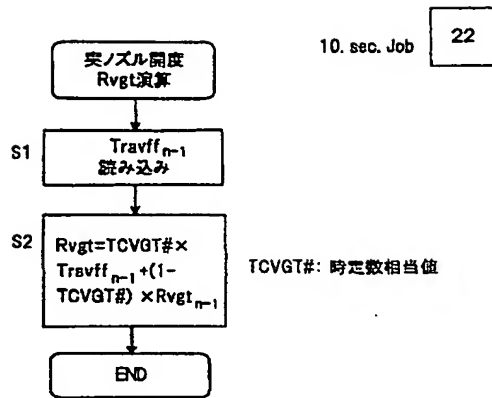
20



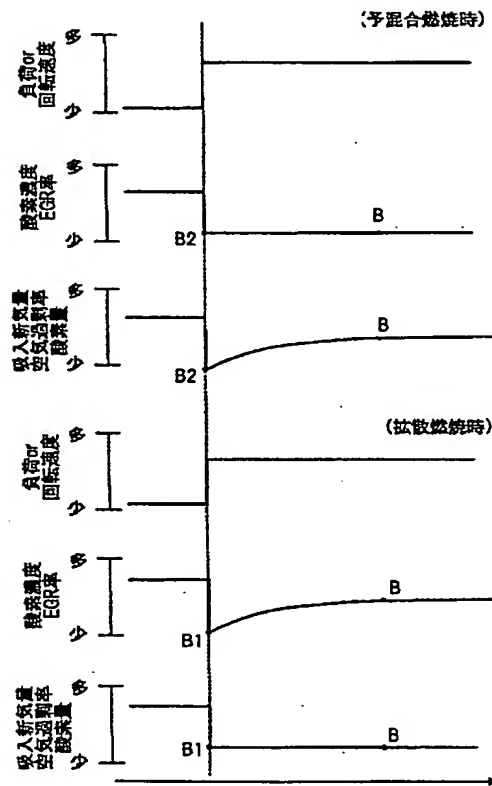
【図 25】



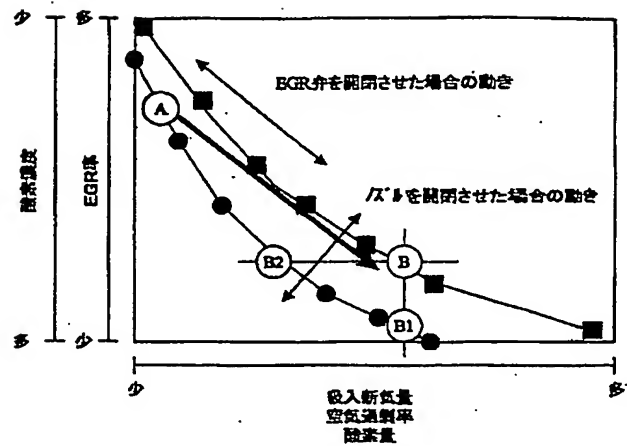
【図 26】



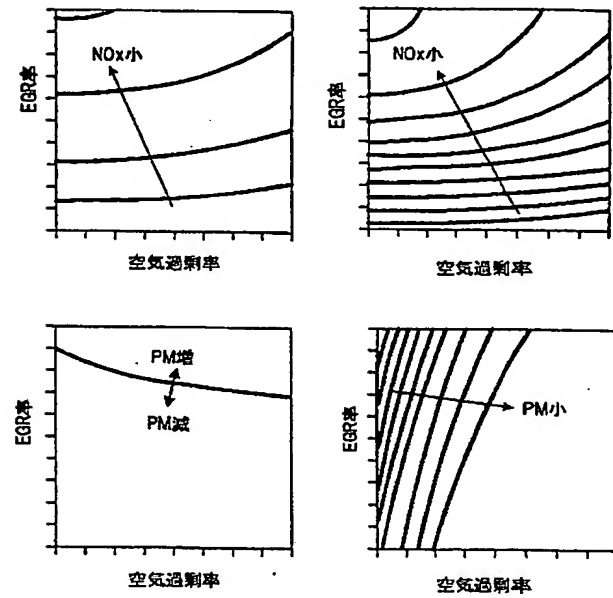
【図 28】



【図 27】



【図 29】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷

識別記号

F I

ターマコード (参考)

41/14

310

41/14

J
L

43/00

301

43/00

310
N

45/00

368

45/00

301
R
Z

F02M 25/07

550

570

F02M 25/07

550

F

570

D

570

J

F ターム (参考) 3G005 DA02 EA15 FA35 GA05 GB25
GC04 GD01 JA02 JA39 JA42
JA45
3G062 AA01 AA05 BA00 BA02 CA06
DA06 EA08 ED08 FA04 FA05
FA06 FA08 FA13 GA04 GA06
GA08
3G084 AA01 BA04 BA08 BA09 BA13
BA20 CA04 CA06 DA10 EA04
EA11 EB08 EB12 EC04 EC06
FA10 FA20 FA33 FA38
3G092 AA02 AA06 AA17 AA18 AB03
BA02 BA04 BB05 DB03 DC09
DC10 DE03S DG06 DG09
EA09 EA11 EA16 EA22 EC06
EC10 FA07 FA17 FA18 GA11
HA06Z HA16X HD07X HE01Z
HE03Z HE08Z
3G301 HA02 HA04 HA11 HA13 JA24
JA25 KA11 LB11 LC06 MA01
MA15 NA07 NA09 NC01 NC04
ND02 ND41 NE21 PA11Z
PE01Z PE03Z PE08Z